*CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA*
*Teknisk Fysik*

2014-06-03
kl.:$08^{30}$-$12^{30}$
Sal : Hörsalar

Tentamen i **FYSIK E (FFY401) och K (TIF256 och TIF255)**

Examinator: Stig-Åke Lindgren, 0707238333
Åke Fäldt, 0705679080

Hjälpmedel: Valfri kalkylator (tömd på för kursen relevant minnesinnehåll), Beta, Physics Handbook, TEFYMA eller motsvarande gymnasietabell samt ett A4- blad med egenhändigt framställda anteckningar

Betygsgränser: 10p, 15p och 20p för 3:a, 4:a och 5:a respektive

Information om rättningsprotokoll och granskning: se kurshemsidan

---

OBS! 7. Ange om Du är godkänd på diffraktionslabben genom att sätta ett kryss i den ruta som motsvarar uppgift 7 på tentamensomslaget OCH skriv till höger om krysset vilket år Du gjorde labben, gäller även om Du blev godkänd i år.

1. I en viss orgelpipa med längden L och som är öppen i ena änden och sluten i den andra kan man åstadkomma resonanssvängningar (stående vågor) vid 5 olika frekvenser i intervallet upp till ca tusen Herz. Den högsta frekvensen av dessa fem (= fjärde övertonen) ligger vid 972 Hz.
Ljudhastigheten i den luftfyllda pipan är 337 m/s och när pipan ljuder med fjärde övertonen (972 Hz) är den maximala elongationen vid bukarna 60,0 μm.

   a) Hur lång är pipan?

   b) Hur stor är den maximala elongationen i exakt mitten av röret?

   Anm. För full poäng krävs förutom korrekta svar (avrunda till 3 siffror) en tydlig figur som illustrerar fjärde övertonens svängningsmönster för denna öppen/slutna orgelpipa och där rätt antal bukar och noder samt deras lägen i pipan framgår.

(4p)

2. När monokromatiskt ljus får infalla under rät vinkel och belysa ett antal av de översta spalterna i ett gitter observeras på en avlägsen (någon meters avstånd) bildskärm ett typiskt gitterspektrum med såväl principalmax som småmax. Ljusvåglängden är exakt lika stor som spaltbredden som i sin tur är exakt en fjärdedel av gitterkonstanten.

Om alla spalter utom en blockeras observeras ett karakteristiskt enkelspaltmönster med en intensitet $I_0$ rakt fram ($\theta = 0°$). När avböjningsvinkeln $\theta$ ökar avtar intensiteten för att vid $\theta = 30°$ där en punkt P finns markerad på bildskärmen vara $I_1$.

a) Hur hög är intensiteten $I_1$ i punkten P i detta fall med en enda spalt belyst? Uttryck svaret i $I_0$.

b) Hur hög skulle intensiteten bli i punkten P om de tre översta spalterna vore belysta? Uttryck svaret i $I_1$.

(4p)

3. En elektron i en 1-dimensionell potentiallåda med längden 8,0 nm (tjänar som grov modell för rörelsen hos en elektron innestängd i ett tunt nanorör med längden 8,0 nm) befinner sig i ett exciterat tillstånd där sannolikhetstätheten varierar så att det finns totalt 12 stycken maximum i röret.

a) Hur stor är den maximala sannolikhetstätheten?

b) Hur stor är sannolikheten att hitta elektronen inom ett avstånd på 1,0 nm räknat från ena änden av nanoröret?

c) Vilken (de Broglie-) våglängd har elektronen?

d) Vid en deexcitation till närmast lägre energitillstånd skulle elektronen förlora fart. Med hur många procent skulle farten minska?

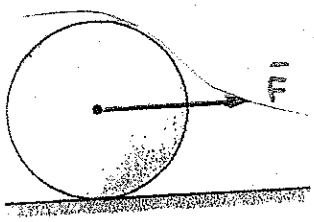
Anm. För full poäng krävs korrekta numeriska svar med korrekta enheter. Dessutom krävs en tydlig figur som visar hur sannolikhetstätheten varierar utefter nanoröret.

(4p)

4. En bil med massan 1200 kg körs uppför en ramp som bildar den konstanta vinkeln 5 grader med horisontalplanet. Luftmotståndet ger upphov till en kraft **f** som verkar i motsatt riktning till bilens hastighet. Beloppet av **f** är 524 N. En kraften F, som åstadkoms tack vare friktionen mellan däcken och vägbanan, gör att bilen färdas uppför rampen.
a. Rita en figur där samtliga krafter som verkar på bilen är beskrivna.
b. Hur stor måste beloppet av **F** vara för att summan av det arbete som samtliga krafter som verkar på bilen ska vara +150 kJ när den har färdats 290 meter uppför längs rampen?
(4 p)

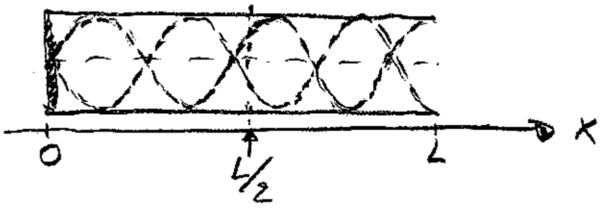
5. En horisontell cirkulär trissa (radie 10 cm) är monterad på en vertikal fast friktionsfri axel A (med försumbar radie) som går genom dess centrum. Trissan har ett tröghetsmoment som är $2{,}0\ 10^{-3}$ kg $m^2$ med avseende på A. En kraft som varierar i tiden appliceras tangentiellt ute i trissans periferi. Beloppet av kraften ges av uttrycket $F = 0{,}70t + 0{,}50\ t^2$, där F anges i N och t i sekunder. Trissan är i vila vid tiden t = 0. Beräkna vid tiden t = 2,0 s värdet på
   a. Trissans vinkelacceleration
   b. Trissans rörelemängdsmoment. (4 p)

6. Figuren visar en cylinder som utsätts för en horisontell kraft **F** vars belopp är konstant. Cylinderns massa är 3,0 kg och dess radie är 0,12 m. Den statiska friktionskoefficienten mellan cylindern och det horisontella underlaget är 0,65. Innan den horisontella kraften applicerades befann sig cylindern i vila. Vilken är den kortaste tid som det tar för cylindern att flyttas 5,0 meter åt höger om man kräver att denna förflyttning ska ske genom rullning utan glidning? (4 p)



# Lösn. förslag K/E-fysik (TIF256/FFY401) 20140603

**1.**




$s(x,t) = A\cdot\sin(kx)\cdot\sin(\omega t)$

där $k = k_5 = \frac{2\pi}{\lambda_5} = \frac{2\pi}{4L/9} = \frac{9\pi}{2L}$ och $A = 0{,}60\,\mu m$

beskriver den stående vågen (fjärde övertonen) med en nod, $s=0$, vid $x=0$ och en buk, $s=A$, vid $x=L$.

s/ö-pipa; våglängder och resonansfrekvenser:

$\lambda_n = \frac{4L}{2n-1}$ ; $f_n = \frac{v}{\lambda_n} = \frac{v}{4L}\cdot(2n-1)$

fjärde övertonen: $n=5$

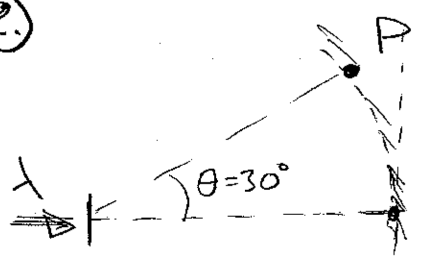
a) $\frac{v}{4L}(2\cdot 5-1) = 972\ Hz$

$\Rightarrow L = \frac{337\cdot 9}{4\cdot 972} = \underline{\underline{0{,}780\,m}}$

b) $s(x=\frac{L}{2}, t) = A\cdot\sin\left(k_5\cdot\frac{L}{2}\right)\cdot\sin\omega t$ har ett största värde (då $\sin\omega t = 1$) $= A\cdot\sin\left(k_5\cdot\frac{L}{2}\right) =$

$= A\cdot\sin\left(\frac{9\pi}{2L}\cdot\frac{L}{2}\right) = 0{,}60\,\mu m\cdot\sin\left(\frac{9\pi}{4}\right) = \underline{\underline{424\,\mu m}}$

**2.**




$I = I_0\cdot\frac{\sin^2\beta/2}{(\beta/2)^2}\cdot\frac{\sin^2\frac{N\gamma}{2}}{\sin^2\frac{\gamma}{2}}$

$\begin{cases}\beta = kb\sin\theta\\ \gamma = kd\sin\theta\end{cases}$ där $k = \frac{2\pi}{\lambda}$

Här: $\lambda = b$ (=spaltbredden)

$d = 4b$ (=gitterkonstanten)

a) $N=1$ och $\beta = \frac{2\pi}{\lambda}\cdot b\sin 30° = \pi$

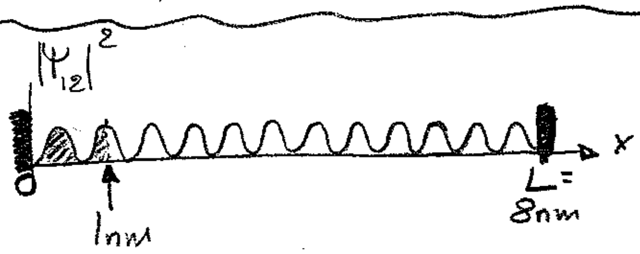
$\Rightarrow I = I_0\,\frac{\sin^2\pi/2}{(\pi/2)^2} = I_0\,\frac{4}{\pi^2} = \underline{\underline{0{,}405\,I_0}}$

b) $N=3$ och $\gamma = 4\beta = 4\pi$ (bortsett från amplitud-minskning med ökat avstånd som är fallet med plan strålning)

$\Rightarrow I = I_0\cdot\frac{\sin^2\pi/2}{(\pi/2)^2}\cdot\frac{\sin^2\frac{3\cdot 4\pi}{2}}{\sin^2\frac{4\pi}{2}} = \underbrace{I_0\,0{,}405}_{I_1}\cdot 9 = \underline{\underline{3{,}645\,I_0}}$

anm med $N=3$ och $\gamma = 4\pi$ är de 3 strålarna i fas och ger 2:a ordn. principalmax $\Rightarrow$ amplituden är 3ggr den för en stråle $\Rightarrow$ Intensiteten är 9ggr jämfört en stråle $\therefore I = 9I_1$

**3.**




$\psi_n(x) = \sqrt{\frac{2}{L}}\sin\left(\frac{n\pi}{L}x\right)$ där $\begin{cases}L = 8\,nm\\ n = 12\end{cases}$

a) $|\psi_{12}(x)|^2 = \frac{2}{L}\sin^2\left(\frac{12\pi}{L}x\right)$ har max-värdet $\frac{2}{L} = \frac{2}{8nm} = \underline{\underline{0{,}25\ nm^{-1}}}$

b) $\int_0^{1nm}|\psi_{12}(x)|^2 dx = \frac{1}{8} = \underline{0{,}125}$ (i figuren: arean av det streckade området)

c) $6\lambda = L$ (finns 12 st halva våglängder i röret)

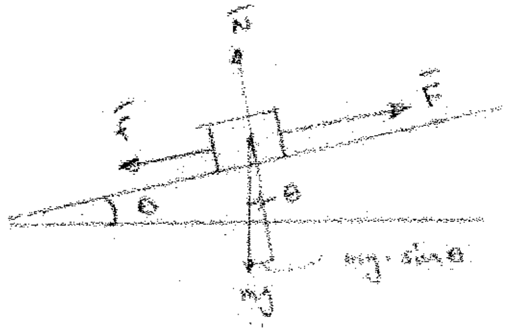
$\Rightarrow \lambda = \frac{L}{6} \approx \underline{1{,}33\ nm}$

d) från $n=12$ till $n=11$ innebär våglängden ändras från $\lambda = \frac{L}{6}$ till $\lambda' = \frac{L}{5{,}5}$

$\left\{\begin{array}{l}\text{men } v = \frac{h}{m\lambda}\\ v' = \frac{h}{m\lambda'}\end{array}\right\}$ och att farten minskar från $\frac{6h}{mL}$ till $\frac{5{,}5h}{mL}$

eller med $\frac{0{,}5}{6} \approx \underline{\underline{8{,}33\ \%}}$

(4)




$f = 524\,N$
$m = 1200\,kg$
$\theta = 5^\circ$
$s = 290\,m$
$W = 150 \cdot 10^3\,J$

$F_{netto} = F - f - mg \cdot \sin\theta$

$F_{netto} \cdot s = W$

$\Rightarrow F_{netto} = \dfrac{W}{s}$

$$\therefore F = \frac{W}{s} + f + mg\sin\theta = \frac{150 \cdot 10^3}{290} + 524 + 1200 \cdot 9{,}81 \cdot \sin\theta = 2069\,N =$$

$$= \underline{\underline{2 \cdot 10^3\,N}}$$

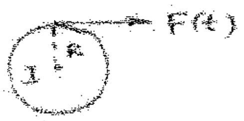
---

(5)

$F(t) = 0{,}70t + 0{,}50t^2$

$\omega_0 = 0 \qquad R = 0{,}10\,m$

$I = 2{,}0 \cdot 10^{-3}\,kgm^2$




a) $\alpha$ vid $t = 2{,}0\,s$ :

$$\left.\begin{array}{l} \tau = I\alpha \\ \tau = F \cdot R \end{array}\right\} \Rightarrow \alpha = \frac{FR}{I} = \frac{(0{,}70 \cdot 2{,}0 + 0{,}50 \cdot 2{,}0^2) \cdot 0{,}10}{2{,}0 \cdot 10^{-3}} =$$

$$= 170\,rad/s^2 = 1{,}7 \cdot 10^2\,rad/s^2$$

b) $L = I\omega$

$$\omega = \int_0^t \alpha\,dt = \frac{R}{I}\int_0^t (0{,}70 \cdot t + 0{,}50 \cdot t^2)\,dt = \frac{R}{I}\left[\frac{1}{2} \cdot 0{,}70 \cdot t^2 + \frac{1}{3}\,0{,}50\,t^3\right]_0^t$$

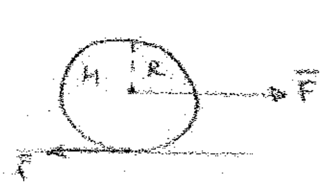
$$\Rightarrow L = R\left[\frac{1}{2}\,0{,}70 \cdot 2^2 + \frac{1}{3}\,0{,}50 \cdot 2^3\right] = 0{,}10 \cdot 2{,}73 = 0{,}273\,kgm/s =$$

$$= \underline{\underline{0{,}27\,kgm/s}}$$

---

(6)

$I = \frac{1}{2}MR^2$




$$\left.\begin{array}{l} F - f = Ma \\ fR = I\alpha = \frac{1}{2}MR^2\frac{a}{R} \end{array}\right\} \Rightarrow F = 3f$$

$f_{max} = \mu_s mg$

utan glidning
$F_{max} = 3\mu_s mg$

$$F_{netto} = F_{max} - f_{max} = 2\mu_s mg = ma \Rightarrow a = 2\mu_s g$$

Tid för rullning $s = 5{,}0\,m$ ; $s = \frac{1}{2}at^2$

$$\Rightarrow t = \sqrt{\frac{2s}{a}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 5{,}0}{2 \cdot 0{,}65 \cdot 9{,}81}} = 0{,}886\,s = \underline{\underline{0{,}89\,s}}$$